

KAJIAN P-TERSEDIA PADA TANAH SAWAH SULFAT MASAM POTENSIAL

Study on P-Available at The Paddy Soil Potential of Acid Sulfate

Achmad Hambali Nasution*, Fauzi, Lahuddin Musa

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, USU, Medan 20155

*Corresponding author : Email : ham.aq63@gmail.com

ABSTRACT

The research was conducted to examine P-available of paddy soil potential of acid sulfate with Bray II, Truog and Olsen. The research held in Seed Technology Laboratory (seeding), green house and also in Research and Technology Laboratory Agriculture Faculty University of Sumatera Utara. The research used non factorial Randomized Block Design with 3 repetition, which as main factor is the giving of Natural Phosphate with 9 kind of dosages, that is: 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, and 400 ppm. The giving of Natural Phosphate was significant to the phosphorus sorption with the best dosage is P7 (350 ppm) and pH with the best dosage is P8 (400 ppm). The examining of P-available from the giving of natural phosphate results that the value of P-available by using Bray II and Truog method was higher than the value of P-available by using Olsen method, and there is no appropriate value of P critical limit for each method.

Keywords: P-Available, acid sulfate soil, potential

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan guna untuk mengkaji P-tersedia pada tanah sawah sulfat masam potensial dengan metode Bray II, Truog dan Olsen. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Benih (penyemaian benih), Rumah Kasa dan Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok non faktorial dengan 3 ulangan, dimana yang menjadi faktor perlakuan adalah pemberian pupuk fosfat alam dengan dengan 9 taraf dosis yaitu: 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 ppm. Pemberian fosfat alam berpengaruh nyata terhadap Serapan P tanaman dengan dosis terbaik yaitu P7 (350 ppm) dan pH dengan dosis terbaik P8 (400 ppm). Kajian P-tersedia akibat pemupukan fosfat alam menghasilkan nilai P-tersedia yang diuji dengan metode Bray II dan Truog lebih tinggi dibandingkan dengan metode Olsen serta Belum diperoleh nilai batas kritis P-tersedia yang tepat pada masing-masing metode.

Kata kunci: P tersedia, tanah sulfat masam, potensial

PENDAHULUAN

Kebutuhan lahan yang terus meningkat menjadi penyebab dimanfaatkannya lahan marginal seperti lahan rawa pasang surut sulfat masam. Dari 20.11 juta ha lahan pasang surut yang ada di Indonesia, 6.7 juta ha adalah lahan sulfat masam. Kalau digabungkan dengan lahan potensial (yang juga berpotensi

sulfat masam) 2.07 juta ha lahan, maka jumlahnya mencapai 8.77 juta ha. Lahan sulfat masam merupakan ekosistem yang potensial untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian, karena arealnya yang cukup luas sehingga mempunyai peran yang strategis dalam mendukung peningkatan produksi beras nasional (Subiksa dan Diah, 2009)

Menurut Maas (1989) tanah sulfat masam potensial dicirikan oleh adanya material sulfidik. Material sulfidik adalah tanah mineral yang mengandung komponen sulfur yang dapat teroksidasi. Ditambah oleh Subiksa dan Diah (2009) Bahan sulfidik adalah sumber kemasaman tanah, bila bahan ini teroksidasi akan menghasilkan kondisi sangat masam. Bahan ini disebut pirit (FeS_2), bila terekspos oleh udara terbentuk H_2SO_4 yang dapat mengasamkan lingkungan sehingga tanah tersebut tidak dapat dibudidayakan.

Masalah hara yang paling banyak dilaporkan pada lahan sulfat masam adalah ketersediaan hara P yang rendah dan fiksasi P yang tinggi oleh Al dan Fe. Hara P merupakan salah satu unsur hara yang paling banyak dibutuhkan tanaman. Hara ini berfungsi untuk pertumbuhan akar, transfer energi dalam proses fotosintesis dan respirasi, perkembangan buah dan biji, kekuatan batang dan ketahanan terhadap penyakit.

Perilaku P- tanah dapat mempengaruhi status ketersediaan P dalam tanah sehingga dapat ditentukan jumlah pupuk P yang diperlukan tanaman untuk mencapai hasil yang optimum. Untuk menentukan konsentrasi unsur hara P dalam tanah harus menggunakan metode analisis yang sesuai untuk tanah dan tanaman yang diusahakan.

Analisis P-tersedia dalam tanah dapat diukur dengan menggunakan berbagai bahan pengekstrak. Ada beberapa metode pengekstrak yang sering digunakan yaitu metode Bray I, Bray II, Truog, Olsen dan North Carolina. Namun dari beberapa hasil penelitian dilaporkan bahwa tidak semua metode sesuai dengan semua jenis tanah, tanaman maupun kondisi lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas maka peneliti tertarik untuk mengkaji P-tersedia tanah sawah sulfat masam potensial dengan menggunakan tiga metode analisis P tersedia yaitu Bray II, Truog dan Olsen.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Benih, Rumah Kasa dan Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dimulai dari bulan Mei sampai November 2013. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah benih padi varietas Ciherang sebagai tanaman indikator, fosfat alam Ciamis (FA Ciamis) ($30.30\% \text{P}_2\text{O}_5$) sebagai sumber hara fosfat, pupuk dasar yaitu Urea ($46\% \text{N}$) 200 ppm N dan KCl ($60\% \text{K}_2\text{O}$) 150 ppm K dan bahan-bahan kimia untuk keperluan analisis di laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah timbangan untuk menimbang berat kering tajuk serta akar tanaman, oven sebagai alat untuk mengeringkan tanaman dan alat-alat laboratorium yang dibutuhkan dalam analisis penelitian.

Untuk mengkaji P-tersedia pada tanah sawah sulfat masam potensial yaitu dengan pemberian perlakuan dosis pupuk fosfat alam yang sesuai dengan pertanaman padi. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) non faktorial dengan 1 faktor perlakuan yaitu dosis fosfat alam dan 3 ulangan, sehingga diperoleh 27 satuan percobaan yaitu P0 (0 ppm), P1 (50 ppm), P2 (100 ppm), P3 (150 ppm), P4 (200 ppm), P5 (250 ppm), P6 (300 ppm), P7 (350 ppm), P8 (400 ppm). Penelitian dimulai dari pengambilan sampel tanah, inkubasi tanah, penyemaian benih padi, penanaman dan penjarangan, pemanenan pada akhir vegetatif, dan pengukuran parameter amatan tanah (P-tersedia tanah dengan metode Bray II, Truog dan Olsen serta pH tanah) dan tanaman (tinggi tanaman, jumlah anakan, berat kering tajuk dan akar, serta serapan tanaman dengan metode Destruksi basah), dan dilanjutkan dengan analisis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Tanah

Dari hasil yang diperoleh, pH tanah secara keseluruhan setelah diberikan perlakuan pupuk fosfat alam dari dosis 0-400 ppm, lalu dilakukan analisis sidik ragam serta uji beda rata-rata. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai pH tanah sawah sulfat masam potensial desa Karanganyar kecamatan Secanggang

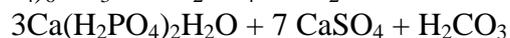
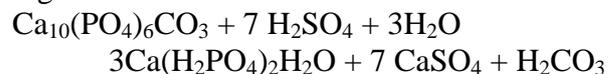
| Perlakuan | pH Tanah |
|--------------|----------|
| P0 (0 ppm) | 6.50 c |
| P1 (50 ppm) | 6.50 c |
| P2 (100 ppm) | 6.50 c |
| P3 (150 ppm) | 6.50 c |
| P4 (200 ppm) | 6.50 c |
| P5 (250 ppm) | 6.50 c |
| P6 (300 ppm) | 6.67 bc |
| P7 (350 ppm) | 6.83 b |
| P8 (400 ppm) | 7.17 a |

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama atau berbeda pada kolom menunjukkan angka tersebut berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

pH tanah mengalami peningkatan dari 6,50 menuju ke 7,17 setelah diberikan pupuk fosfat alam. Dapat kita lihat bahwa pengaruh pupuk fosfat alam dapat meningkatkan nilai pH mulai dari dosis 300 ppm. Sifat fisik pupuk fosfat alam bisa menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi keefektifitasannya dalam meningkatkan pH tanah. Sesuai dengan pernyataan Subiksa dan Diah (2009) yaitu efektivitas fosfat alam pada lahan sulfat masam dipengaruhi oleh kualitas fosfat alam dan tingkat kehalusan butir. Fosfat alam yang bagus mengandung fosfat alam (P₂O₅) lebih dari 25%. Pupuk FA Ciamis mengandung P₂O₅ sebesar 30,30% dan ukuran butiran yang cukup halus karena dapat lolos saringan 80 mesh. Selain karena sifat fosfat alam itu sendiri, kenaikan pH meningkat disebabkan oleh penggenangan. Ditambah oleh Mubekti (2008) yang menyatakan bahwa penggenangan menyebabkan terjadinya konvergensi pH tanah menuju netral.

Kelarutan fosfat alam yang rendah menjadi alasan mengapa ion H⁺ lebih dominan sehingga pH meningkat dengan baik. Penambahan asam kuat bertujuan untuk mengasamkan fosfat alam agar fosfat membentuk ikatan yang lebih lemah sehingga menjadi mudah larut dan lebih tersedia bagi tanaman. Hal ini didukung oleh Subiksa dan Diah (2009) yang menyatakan penambahan

asam kuat seperti asam sulfat atau asam fosfat mampu meningkatkan pH sehingga fosfat menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Hal ini digambarkan dalam bentuk reaksi :



Dari kondisi pH diatas dapat diketahui P dominan yang diserap oleh tanaman padi varietas Ciherang merupakan P dalam bentuk ion ortofosfat primer (H₂PO₄⁻). Ini berhubungan dengan nilai pH yang terdapat pada setiap perlakuan. Dikutip dari pernyataan Winarso (2005) yaitu Pada pH tanah sekitar 7,22 konsentrasi H₂PO₄⁻ dan HPO₄⁻² setimbang. Oleh karena sebagian besar tanah mempunyai pH dibawah 7, maka sebagian besar tanah mempunyai konsentrasi H₂PO₄⁻ lebih besar atau dominan dibandingkan dengan HPO₄⁻².

P-tersedia Tanah

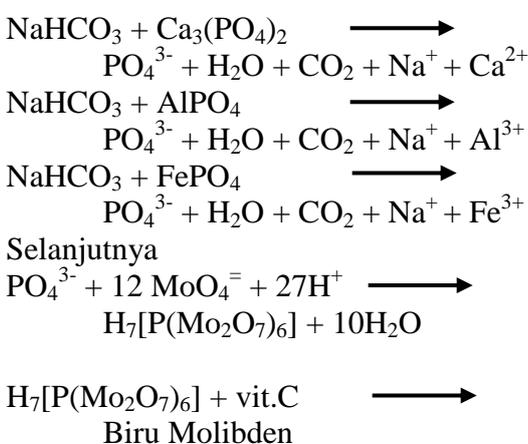
Hasil analisis sidik ragam untuk parameter P-tersedia tanah sawah sulfat masam potensial dengan metode Bray II dan Truog menunjukkan bahwa perlakuan dosis tidak berpengaruh nyata, sedangkan untuk parameter P-tersedia tanah sulfat masam potensial dengan metode Olsen menunjukkan bahwa perlakuan dosis berpengaruh nyata. Rataan P-tersedia tanah sulfat masam potensial dengan tiga metode analisis P-tersedia disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rataan P-tersedia tanah sulfat masam potensial

| Perlakuan | Metode analisis tanah | | |
|--------------|-----------------------|--------|-----------|
| | Bray II | Truog | Olsen |
| | -----ppm----- | | |
| P0 (0 ppm) | 96,93 | 254,74 | 57,78 c |
| P1 (50 ppm) | 105,35 | 259,42 | 85,97 bc |
| P2 (100 ppm) | 135,74 | 275,28 | 123,5 bc |
| P3 (150 ppm) | 103,78 | 238,05 | 105,41 bc |
| P4 (200 ppm) | 110,78 | 251,21 | 161,04 ab |
| P5 (250 ppm) | 104,03 | 254,12 | 129,78 bc |
| P6 (300 ppm) | 98,42 | 225,82 | 139,95 bc |
| P7 (350 ppm) | 100,89 | 250,90 | 151,28 ab |
| P8 (400 ppm) | 111,12 | 244,00 | 242,54 a |

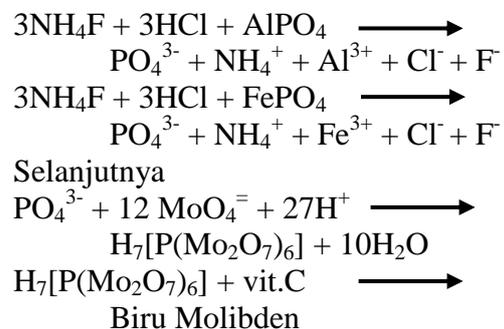
Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama atau berbeda pada kolom menunjukkan angka tersebut berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

Kemampuan ekstraktan Olsen dalam mengekstrak P dari dalam tanah sawah sulfat masam potensial jauh lebih tinggi dari ekstraktan Bray II dan Truog. Perbedaan ekstraktan dari kedua uji tersebut menjadi alasan mengapa hasil yang disajikan di uji Olsen berbeda nyata dari uji Bray II dan uji Truog. Dilihat dari metode Olsen yang menggunakan ekstraktan NaHCO₃ dengan prinsip P tersedia tanah diekstrak oleh NaHCO₃, P yang bebas direaksikan dengan molibdat asam akan menjadi berwarna biru dengan adanya asam askorbat. Perkembangan warna biru diukur sebagai kadar P secara spektrometri. Adapun reaksinya sebagai berikut:

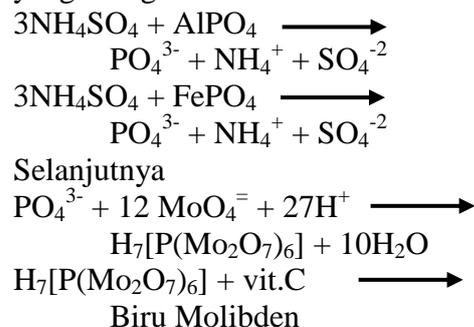


Bray II menggunakan ekstraktan NH₄F dan HCl. Bila tanah diekstrak dengan larutan NH₄F maka ion-ion yang mengikat P

seperti Al³⁺, Fe³⁺ dan Ca-fosfat dalam larutan asam akan diikat oleh ion F⁻. sehingga ion fosfat yang terikat dapat dibebaskan. Adapun reaksi yang diduga adalah :



Sedangkan prinsip dari metode Truog yaitu dimana P tersedia tanah diekstrak oleh NH₄SO₄, P yang bebas direaksikan dengan molibdat asam akan menjadi berwarna biru dengan adanya asam askorbat. Adapun reaksi yang diduga adalah:



Dari Tabel 2 dapat kita lihat bahwa P-tersedia tanah dari ketiga metode tersebut, diketahui bahwa pada metode Bray II dan

Truog diperoleh nilai P-tersedia tanah yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan metode Olsen. Hal ini disebabkan karena Ekstraktan Olsen yaitu NaHCO_3 0,5 M dengan pH 8,5. Mengingat fosfat alam mudah larut hanya pada suasana masam, maka dengan nilai pH tersebut diketahui bahwa ekstraktan Olsen bersuasana basa. Sehingga fosfat alam tidak larut dan menyebabkan P-tersedia tanah yang diukur dengan metode Olsen bernilai rendah jika dibandingkan nilai P-tersedia tanah dengan metode Bray II dan Truog.

Tinggi Tanaman, Jumlah Anakan, Berat Kering Tajuk dan Akar, dan Serapan P Tanaman

Dari hasil analisis sidik ragam dapat dilihat parameter amatan setelah panen meliputi Tinggi, Jumlah anakan, berat kering tajuk, berat kering akar, dan serapan P tanaman. Nilai rata-rata tinggi tanaman, jumlah anakan dan seterusnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tinggi tanaman, jumlah anakan, berat kering tajuk, berat kering akar dan serapan P tanaman.

| Perlakuan | Parameter amatan setelah panen | | | | |
|-----------|--------------------------------|---------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | Tinggi tanaman | Jumlah anakan | Berat kering tajuk | Berat kering akar | Serapan P tanaman |
| ---ppm--- | ---cm--- | --batang-- | -----g----- | | ---mg/tan--- |
| P0 | 93.33 | 18.67 | 33.95 | 14.95 | 29,87 c |
| P1 | 100.63 | 24.00 | 60.79 | 26.47 | 44,85 bc |
| P2 | 97.00 | 24.33 | 46.98 | 20.27 | 43,12 bc |
| P3 | 93.00 | 20.33 | 36.67 | 15.11 | 39,24 bc |
| P4 | 98.40 | 23.33 | 53.04 | 21.57 | 63,35 ab |
| P5 | 89.90 | 26.00 | 27.49 | 15.15 | 42,45 bc |
| P6 | 97.87 | 19.67 | 42.60 | 17.87 | 57,66 ab |
| P7 | 95.30 | 22.00 | 44.03 | 16.53 | 73,67 a |
| P8 | 93.90 | 21.00 | 46.60 | 21.76 | 61,22 ab |

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama atau berbeda pada kolom menunjukkan angka tersebut berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

Pada dasarnya pupuk fosfat alam merupakan deposit guano dengan kandungan seskuioksida yang rendah serta *slow release* P yang dapat menyebabkan lambat tersedianya P untuk tanaman. Dilirik dari fungsi unsur P terhadap tanaman salah satunya yaitu merangsang perkembangan akar. Hal ini menjadi alasan mengapa pemberian pupuk fosfat alam tidak berpengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan, berat kering tajuk dan akar padi. Ditambah oleh Subiksa dan Diah (2009) yang menyatakan bahwa Fosfat alam adalah mineral apatit yang umumnya memiliki kelarutan yang rendah, sehingga ketersediaannya untuk tanaman sangat rendah.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa perlakuan dengan serapan P tanaman tertinggi menunjukkan nilai P tersedia yang rendah di tanahnya. Hal ini didukung oleh pernyataan Foth, et al. (1982) yang menyatakan bahwa hasil analisis tanah yang rendah kemungkinan serapan P tanamannya akan tinggi, begitu sebaliknya.

Penilaian Metode Analisis

Dari hasil analisis P tersedia tanah dengan ketiga metode P tersedia dan serapan P tanaman dilakukan uji korelasi antara keduanya guna untuk menentukan metode analisis P tersedia yang sesuai pada tanah sawah sulfat masam potensial desa Karanganyar kecamatan Secanggang. Adapun

hasil uji korelasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

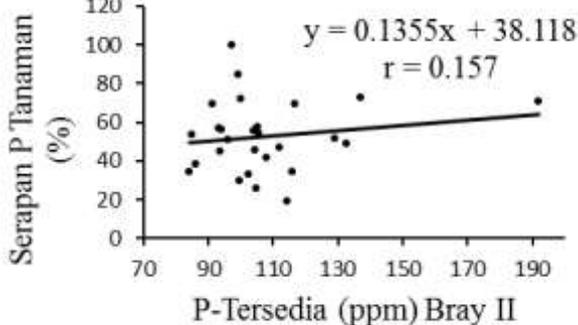
Tabel 4. Persamaan regresi dan koefisien korelasi antara kadar P tersedia tanah dengan serapan P tanaman

| Metode Analisis | Persamaan Regresi | Koefisien Korelasi (r) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Bray II | $Y = 0,1355X + 38,11$ | 0,157 ^{ln} |
| Truog | $Y = 0,0124X + 49,55$ | 0,014 ^{ln} |
| Olsen | $Y = 0,0889X + 40,85$ | 0,298* |

Keterangan: Angka yang diikuti oleh tanda (*) menunjukkan angka tersebut berbeda nyata pada taraf 15% menurut uji T.

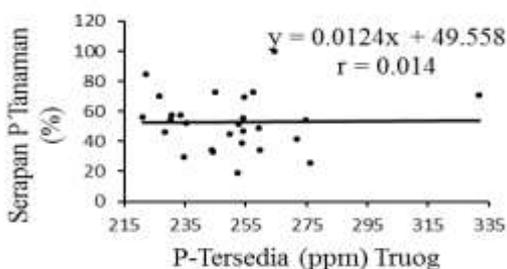
Pemilihan metode analisis P tersedia tanah sulfat masam potensial yang tepat adalah metode yang ekstraktannya mampu mengekstrak bentuk P yang sama dengan bentuk P yang diserap oleh tanaman. Sehingga untuk menentukan metode analisis P tersedia yang tepat adalah dengan mengambil metode analisis yang memiliki koefisien korelasi (r) yang tertinggi.

Hasil uji korelasi kadar P tersedia pada analisis metode Bray II terhadap serapan P tanaman dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



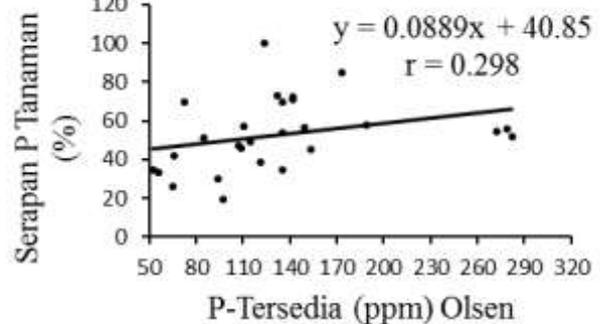
Gambar 1. Korelasi P tersedia metode Bray II terhadap serapan P tanaman

Hasil uji korelasi kadar P tersedia pada analisis metode Truog terhadap serapan P tanaman dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Korelasi P tersedia metode Truog terhadap serapan P tanaman

Hasil uji korelasi kadar P tersedia pada analisis metode Olsen terhadap serapan P tanaman dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Korelasi P tersedia metode Olsen terhadap serapan P tanaman

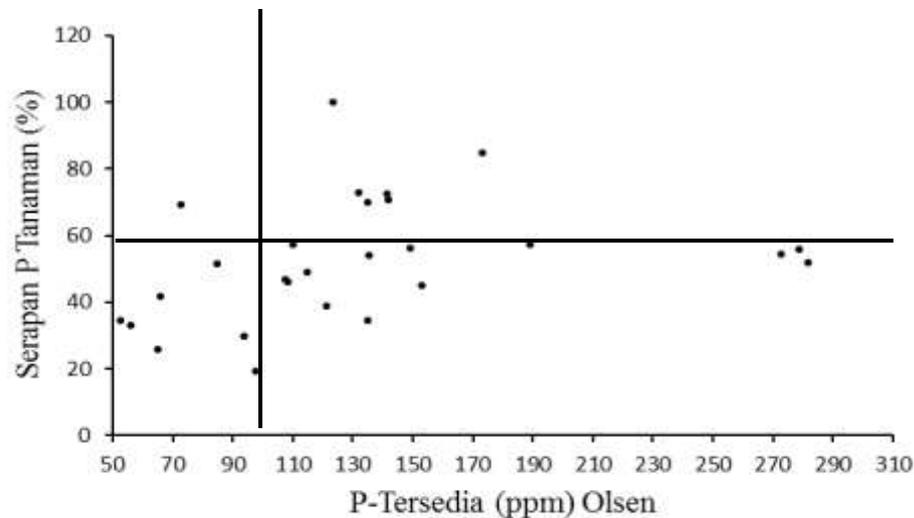
Koefisien korelasi (r) dari ketiga uji tersebut tidak berbeda jauh, dimana r untuk Bray II bernilai 0,157, r untuk Truog bernilai 0,014 dan r untuk Olsen bernilai 0,298. Metode yang sesuai untuk tanah sawah sulfat masam potensial desa Karanganyar kecamatan Secanggang ini yaitu metode Olsen karena dianggap lebih baik dengan nilai r lebih tinggi dari uji Bray II dan Truog. Hal ini di dukung oleh pernyataan Ali dan Rahman (2010) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai r adalah semakin cocok. Ditambah Iboy (2006) dari hasil penelitiannya yang memperoleh bahwa metode Olsen lebih sesuai untuk tanah sawah.

Penetapan Batas Kritis P

Batas kritis hara P tersedia ditetapkan dengan metode *Cate and Nelson* (1965)

dengan cara menghubungkan antara kadar P tersedia tanah dari metode yang terpilih yaitu metode Olsen terhadap persentase hasil (serapan P tanaman). Hubungan antara

Serapan P tanaman (%) terhadap P tersedia metode Olsen dapat dilihat dari Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Batas kritis P tersedia untuk metode Olsen

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa sebaran titik terbanyak berada di kuadran positif. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk korelasi yang terjadi antara serapan P tanaman (%) terhadap P tersedia tanah untuk metode Olsen yaitu Korelasi Positif. Ditambah dari pernyataan Iswardono (2003) bahwa jika kenaikan pada satu variabel diikuti dengan kenaikan pada variabel yang lain, maka dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut mempunyai korelasi yang positif.

Penentuan batas kritis hara P tersedia dengan metode *Cate and Nelson* (1965) yaitu dengan cara menghubungkan antara kadar P tersedia tanah dari metode Olsen terhadap persentase hasil (serapan P tanaman). Adapun nilai batas kritis tanah sawah sulfat masam potensial desa Karanganyar kecamatan Secanggang dengan serapan P tanaman untuk metode Olsen sebesar 98 ppm.

Nilai batas kritis P-tersedia yang diperoleh dari korelasi antara P-tersedia metode Olsen dan Serapan P tanaman belum bisa disebut sebagai batas kritis P-tersedia

yang tepat, dikarenakan koefisien korelasi yang telah diuji T hanya nyata pada taraf 15%.

SIMPULAN

Kajian P-tersedia akibat pemupukan fosfat alam menghasilkan nilai P-tersedia yang diuji dengan metode Bray II dan Truog lebih tinggi dibandingkan dengan metode Olsen serta Belum diperoleh nilai batas kritis P-tersedia yang tepat pada masing-masing metode.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M.I. dan G.K.M.M. Rahman. 2010. Phosphorus extractability in Bangladesh soils and its Critical limit for rice and wheat. Bangladesh Institute of Nuclear Agriculture. Scientific registration 954. Poster.
- Foth, H.D., L.V. Withee, H.S. Jacobs, dan S.J. Thien. 1982. Laboratory manual

- for introductory Soil science sixth edition. Wm.C.Brown company publishers, Iowa.
- Iboy, I.R. 2006. Kajian korelasi beberapa metode analisis fosfat tersedia pada tanah sawah. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Iswardono. 2003. Sekelumit analisa regresi dan korelasi. Fakultas ekonomi UGM, Yogyakarta.
- Lahuddin. 2005. Pengaruh jenis tanah, pemupukan dan NaHCO_3 pada tanah tergenang terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman padi sawah. J.Penelitian Pertanian. 24(1): Pp. 13-22.
- Maas, A. 1989. Identifikasi tanah sulfat masam aktual dan potensial. Prosiding. Kongres nasional V Himpunan ilmu tanah Indonesia (Medan,7-10 desember) : Pp.1084-1090.
- Mubekti. 2008. Klasifikasi tanah sawah dan emisi metana. BPPT, Jakarta.
- Mukhlis. 2007. Analisis Tanah Tanaman. USU Press, Medan.
- Sims, J.T. 2000. Soil test phosphorus: Bray and Kurtz P-1, Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters. Southern Cooperative series Bulletin No. 396, Manhattan.
- Subiksa, I.G.M. dan Diah S. 2009. Pemanfaatan fosfat alam untuk lahan sulfat masam, Buku Fosfat Alam: Pemanfaatan Pupuk Fosfat Alam sebagai Sumber Pupuk P, Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.